

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

C23C 26/00

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99800734.X

[43]公开日 2000 年 11 月 1 日

[11]公开号 CN 1272144A

[22]申请日 1999.5.13 [21]申请号 99800734.X

[30]优先权

[32]1998.5.13 [33]JP [31]130318/98

[32]1998.10.23JP[33]JP [31]302020/98

[32]1998.10.27JP[33]JP [31]304898/98

[86]国际申请 PCT/JP99/02460 1999.5.13

[87]国际公布 WO99/58744 日 1999.11.18

[85]进入国家阶段日期 2000.1.12

[71]申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 毛吕俊夫 后藤昭弘

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

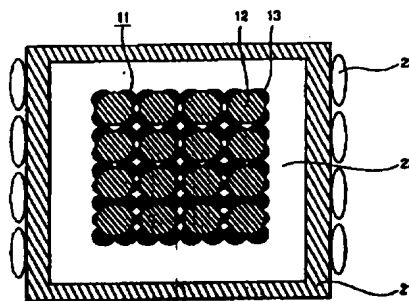
代理人 张政权

权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图页数 21 页

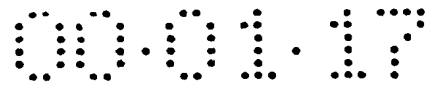
[54]发明名称 放电表面处理用电极及制造方法、放电表面处理方法及设备

[57]摘要

一种放电表面处理方法,由此在电极(14)和工件(2)之间引起放电,从而利用所产生的能量在工件(2)的表面上形成硬涂层(16),所述方法包括以下步骤:把金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或这些粉末的混合物用作电极材料;通过压紧而使电极材料成形后,在电极材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧而形成电极;以及使得在电极(14)与工件(2)之间发生电弧放电,此电弧放电是脉冲形状的电弧放电、连续电弧放电或连续电弧放电与间歇电弧放电的结合,从而利用该电弧放电的能量在所述工件(2)的表面上形成硬涂层(16)。



ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

---

1. 一种放电表面处理用电极，由该电极在电极与工件之间引起放电，从而利用所产生的能量在工件的表面上形成硬涂层，其特征在于所述放电表面处理用电极包括：

所述电极的材料是金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或所述粉末的混合物，

其中在通过压紧而使所述电极的所述材料成形后，在所述电极的所述材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

2. 一种放电表面处理用电极，由该电极在电极与工件之间引起放电，从而利用所产生的能量在工件的表面上形成硬涂层，其特征在于所述放电表面处理用电极包括：

所述电极的材料是金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或所述粉末的混合物，

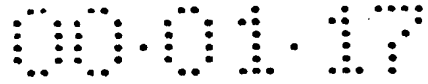
其中在把蜡加到所述电极的所述材料后，通过压紧来进行成形，在不低于所述蜡熔化的温度也不高于所述蜡分解而产生烟灰的温度的温度下进行加热，从而使所述蜡蒸发并除去，然后在所述电极的所述材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的放电表面处理用电极，其特征在于在不低于 400℃但低于 1100℃的温度下进行焙烧。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的放电表面处理用电极，其特征在于材料粉末具有自润滑功能，在通过压紧而使所述电极的所述材料成形前，把陶瓷粉末或氮化物粉末或通过混合所述粉末获得的混合物与所述电极的所述材料相混合。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的放电表面处理用电极，其特征在于在真空炉等中把硬质合金的颗粒在不低于出现液相的温度的温度下保持较长的时间，从而在通过压紧而使所述电极的所述材料成形前使硬质合金颗粒经受主烧结，从而把所述硬质合金的颗粒与所述电极的所述材料相混合。

6. 一种放电表面处理用电极的制造方法，由该电极在电极与工件之间引起放电，从而利用所产生的能量在工件的表面上形成硬涂层，其特征在于所述方法包括以下步骤：



把金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或所述粉末的混合物用作所述电极的材料；以及

在通过压紧而使所述电极的所述材料成形后，在所述电极的所述材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

7. 一种放电表面处理用电极的制造方法，由该电极在电极与工件之间引起放电，从而利用所产生的能量在工件的表面上形成硬涂层，其特征在于所述方法包括以下步骤：

把金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或所述粉末的混合物用作所述电极的所述材料；以及

把蜡加到所述电极的所述材料，通过压紧来进行成形，在不低于所述蜡熔化的温度也不高于所述蜡分解而产生烟灰的温度的温度下进行加热，从而使所述蜡蒸发并除去；然后在所述电极的所述材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的放电表面处理用电极的制造方法，其特征在于在不低于 400℃但低于 1100℃的温度下进行焙烧。

9. 如权利要求 6 或 7 所述的放电表面处理用电极的制造方法，其特征在于材料粉末具有自润滑功能，在通过压紧而使所述电极的所述材料成形前，把陶瓷粉末或氮化物粉末或通过混合所述粉末获得的混合物与所述电极的所述材料相混合。

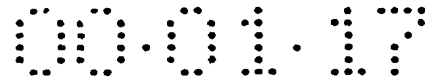
10. 如权利要求 6 或 7 所述的放电表面处理用电极的制造方法，其特征在于在真空炉等中把硬质合金的颗粒在不低于出现液相的温度的温度下保持较长的时间，从而在通过压紧而使所述电极的所述材料成形前使所述硬质合金的颗粒经受主烧结，从而把所述硬质合金的颗粒与所述电极的所述材料相混合。

11. 一种放电表面处理方法，由此在电极与工件之间引起放电，从而利用所产生的能量在工件的表面上形成硬涂层，其特征在于所述方法包括以下步骤：

把金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或所述粉末的混合物用作所述电极的所述材料；

通过压紧而使所述电极的所述材料成形后，在所述电极的所述材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧而形成所述电极；以及

使得在所述电极与所述工件之间发生电弧放电，所述电弧放电是脉冲形状



的电弧放电、连续电弧放电或所述连续电弧放电与间歇电弧放电的结合，从而利用所述电弧放电的能量在所述工件的表面上形成硬涂层。

12. 如权利要求 11 所述的放电表面处理方法，其特征在于在不低于 400℃ 但低于 1100℃ 的温度下进行焙烧。

13. 如权利要求 11 所述的放电表面处理方法，其特征在于把惰性气体置于所述电极和所述工件之间。

14. 如权利要求 11 所述的放电表面处理方法，其特征在于相对于所述工件扫描所述电极，以在所述工件表面上形成所述硬涂层。

15. 如权利要求 11 所述的放电表面处理方法，其特征在于材料粉末具有自润滑功能，在通过压紧而使所述电极的所述材料成形前，把陶瓷粉末或氮化物粉末或通过混合所述粉末获得的混合物与所述电极的所述材料相混合。

16. 如权利要求 11 所述的放电表面处理方法，其特征在于在真空炉等中把硬质合金的颗粒在不低于出现液相的温度的温度下保持较长的时间，从而在通过压紧而使所述电极的所述材料成形前使所述硬质合金的颗粒经受主烧结，从而把所述硬质合金的颗粒与所述电极的所述材料相混合。

17. 如权利要求 11 所述的放电表面处理方法，其特征在于所述工件为铸模，在经过预先机械加工操作的所述铸模的基底材料的表面上形成所述硬涂层，然后进行机械加工或放电来完成所述硬涂层。

18. 如权利要求 17 所述的放电表面处理方法，其特征在于在使用所述铸模时，在磨损程度高的部分中形成厚度比磨损程度低的部分大的所述硬涂层。

19. 如权利要求 17 所述的放电表面处理方法，其特征在于通过利用所述电极进行放电表面处理来整修已发生磨损的所述铸模的一部分。

20. 如权利要求 19 所述的放电表面处理方法，其特征在于利用经过预先机械加工的所述铸模的基底材料来预先制造形成电极，通过利用所述形成电极进行放电表面处理来整修已发生磨损的所述铸模的一部分。

21. 一种放电表面处理设备，用于在电极与工件之间引起放电，从而利用所产生的能量在工件的表面上形成硬涂层，其特征在于所述放电表面处理设备包括：

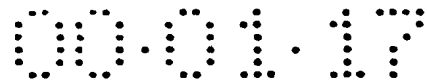
放电产生装置，用于在所述电极和所述工件之间产生电弧放电，所述电弧放电是脉冲形状的电弧放电、连续电弧放电或所述连续电弧放电与间歇电弧放电的结合；以及

所述电极，该电极是由于在通过压紧而使金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或所述粉末的混合物成形后，在所述电极的所述材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧而形成的。

22. 如权利要求 21 所述的放电表面处理设备，其特征在于在不低于 400℃ 但低于 1100℃ 的温度下进行焙烧。

23. 如权利要求 21 所述的放电表面处理设备，其特征在于还包括用于把惰性气体置于所述电极和所述工件之间的惰性气体供给装置。

24. 如权利要求 21 所述的放电表面处理设备，其特征在于还包括用于沿 X 方向、Y 方向和 Z 方向相对移动所述电极和所述工件的 X 轴移动单元、Y 轴移动单元和 Z 轴移动单元。



# 说明书

## 放电表面处理用电极及制造方法、 放电表面处理方法及设备

### 技术领域

本发明涉及应用于放电表面处理中的放电表面处理用电极及其制造方法、放电表面处理方法及其设备的改进，放电表面处理用电极安排使放电发生在电极和工件之间，以利用放电能量在工件的表面上形成硬涂层。

### 背景技术

迄今为止，作为涂敷工件表面以给该表面提供抗腐蚀性和耐磨性的技术，例如在公开号为 Hei. 5-148615 的日本未审查专利中揭示了一种放电表面处理技术。上述技术安排使用由 WC 粉末和 Co 粉末构成的压坯形式的电极，从而进行最初的步骤(淀积步骤)。然后，在该电极已变为诸如铜电极(其磨损比较小)等电极后进行第二步骤(再熔步骤)。因而，上述方法有两个步骤来处理金属材料的表面。这种常规技术当应用于在钢材上形成硬涂层时是一种优良的方法，涂层表现出令人满意的硬度和粘性且具有几十微米的厚度。然而，该方法难于在诸如硬质合金等烧结材料上形成粘性足够的硬涂层。

现在参考图 16 来描述在公开号为 Hei. 9-192937 的日本未审查专利中所揭示的一种放电表面处理技术，该方法也能在硬质合金上形成粘性足够的硬涂层。参考图 16，标号 1 代表通过压紧  $TiH_2$  粉末来制造的压坯形式的电极，2 代表工件，3 代表加工槽，4 代表加工液，5 代表用于切换加到电极 1 和工件 2 上的电压和电流的切换元件。标号 6 代表用于控制切换元件 5 的通/断的控制电路。标号 7 代表电源，标号 8 代表电阻器，9 代表所形成的硬涂层。由以上结构所进行的放电表面处理使得硬涂层表现出优良的粘性，且可在钢或硬质合金的表面上形成几微米到几十微米的厚度。

每一种上述常规技术的特征在于使用压坯形式的电极，其优点是电极的成分容易因放电能量而熔化，从而便于在工件表面上形成涂层。然而，以下三个原因限制了上述方法的实际应用。

现在描述第一个原因。即，压坯形式的电极是易碎的且易于受到损坏。因此，不易于进行使电极适应工件形状的机械加工操作或为把电极固定于设备而形成螺丝孔的机械加工操作。因而，放电表面处理的准备工作变得非常复杂，使得实际加工效率下降。为了克服上述问题，可行的是把压坯形式的电极烧结成金属电极使用。然而，这样产生的问题是烧结电极的可加工性下降了，且可形成硬涂层的速度减小了。

现在描述第二个原因。从实用的观点，不能容易地形成尺寸令人满意的电极。即，只有在利用高性能压机时才能形成这样的电极，该电极被安排在铸模等表面处理中使用且具有从实用的观点令人满意的大尺寸。此外，压紧粉末材料时压力不能在材料中均匀传播的事实引起密度的不一致。因此，这样产生了例如断裂等问题。继而，工件上形成的不均匀硬涂层导致产品质量下降。

现在描述第三个原因。即，不容易形成厚的膜层。常规的方法不能形成厚度大于几微米到几十微米的涂层。不能形成行业领域所需的厚度大于上述值的硬涂层。

现在将就第三个原因进行详述。在工业上，通过物理蒸发或化学蒸发(干式工艺)来形成薄的膜层。不可能通过上述方法形成厚的膜层。因此，目前必须利用溅射涂敷等。能把各种材料铺垫于工件上的溅射涂敷法会受到所形成的涂层的粗粒结构的影响。因此，不能为诸如在铸模上形成涂层的操作(它需要精度和耐久性)等目的而应用溅射涂层。糟糕的是，材料受到过度的限制。

在公开号为 Hei. 8-300227 号日本未审查专利中揭示了一种常规的技术，该技术涉及放电表面处理用电极及金属材料的表面处理方法。该方法的步骤为，使用碳化物，把它压紧成为电极，并在不高于烧结温度的温度下进行临时烧结，从而形成电极。该方法安排在已进行放电表面处理 after 改变机械极性，以进行进一步加固硬涂层的工艺。因此，必须在比较高的温度下进行临时烧结工艺。据说，在 1100℃ 的温度下保持 30 分钟。由于在上述通过临时烧结工艺制造的压坯形式的电极中已形成致密(dense)的结构，所以不容易对电极进行二次机械加工。糟糕的是，不能把硬涂层有效地淀积在工件上，从而引起硬涂层的质量问题。当需要致密的硬涂层时，机械加工操作必须进行很长的时间。上述方法的另一个问题在于淀积工艺容易转变成侧面(profile)放电工艺。

现在描述制造作为工件的一个例子的铸模的方法。通过以下三种方法中的任一种来制造铸模。第一种方法是如此安排的，从而铸模经过热处理而具有所

需的硬度和耐磨性。第二种方法利用表面修饰技术在铸模的一部分或整个表面上淀积硬涂层，从而延长寿命。第三种方法使用硬质合金或硬质合金制成或埋入硬质合金的硬材料等来制造铸模，从而保持长时间的准确性。利用第三种方法来制造大量生产的汽车等的铸模或制造精密的产品。

在本发明中，在铸模是必须处理的工件时应用的放电表面处理方法主要涉及第三种方法。依据本发明，提供了一种铸模的放电表面处理方法，能把该铸模作为以硬质合金制成的铸模或部分使用硬质合金的铸模的替代品。现在将描述涉及上述工业领域的常规技术。

图 17 示出用于模头(die header)的铸模的一个例子，它用作上述精密工艺的铸模。把硬质合金块 101 嵌入基底金属 100 的中央部分，并通过侧面放电装置或金属丝放电装置的机械加工而构成实际的铸模表面。此外，进行放电表面处理，以把硬涂层淀积在铸模表面来增加该表面的硬度，以提高耐久性。图 17 示出在进行放电表面处理时所使用的结构。由压坯形式的电极 103 所进行的放电表面处理使得硬涂层在铸模表面上的厚度为大约几微米。标号 102 代表用于固定压坯形式的电极 103 的柄部(shank)。如上所述，通过多个步骤来制造铸模，包括铸模基底金属的机械加工、嵌入硬质合金块、铸模形状的精密机械加工以及为改善铸模的表面而进行的放电表面处理。

上述铸模制造工艺具有两个关键的问题。第一个问题是由把硬质合金块压入配合到铸模的基底材料这一结构引起的。因此，铸模的基底材料和硬质合金块都必须以相当好的精确度来进行机械加工。因此，铸模制造需要长的时间和大的成本。第二个问题是由压入配合到铸模的基底材料中的硬质合金块是由与构成铸模的基底材料的材料不同的材料构成的这一事实引起的。结果，热膨胀系数的差异使得容易发生断裂和破损。如果硬质合金块因破损或断裂而不能使用，则必须丢弃该铸模或重新制造。在此情况下，也需要很长的时间和大的成本。

因此，铸模制造部门和/或使用铸模的部门要求加以改进。然而，还未提出有效的解决方法。

现在将描述另一种情况。在汽车零部件制造领域中，广泛地采用锻造例如如图 18 所示构成的连接杆的铸模。图 19 示出所示情况下的代表性的制造工艺。近来，高速切割技术已得到了飞速提高。因此，通过热处理获得的硬工件也可经受切割操作。图 20 示出有关高速切割操作和常规放电机械加工操作之间制



造连接杆铸模所需的时间的比较结果。从图 20 可理解，高速切割操作比常规的放电机机械加工操作更有效。

由于铸模在如图 19 所示使用后被磨损，所以需要换成新的铸模或提高磨损的铸模的精确度。在如图 18 所示的代表性大铸模的情况下，从制造简便的观点看，不能嵌入硬质合金块。上述类型的大铸模的主要部分通常由板模钢制成。因此，如果板模钢铸模已磨损，则只允许用局部进行热处理和表面改善的装置以提高耐久性。因此，重新制造铸模的频度上升得过高，引起制造铸模的成本增加得过大。

如公开号为 Hei.5-148615 的日本未审查专利中所揭示的放电表面处理方法所述，构成了通过进行放电表面处理而形成诸如铸模等工件的硬涂层的常规方法。

然而，这种常规方法受到如图 21 所示硬涂层的厚度薄的影响，从而因塑料变形和韧性不充分而造成材料在高温下的特性下降。因此，难于使用其上形成作为硬质合金块的替代品的硬涂层的铸模。因此，在有限的情况下使用上述硬涂层来改善硬质合金的表面。

如上所述，存在的问题是，需要很长的时间和大量的制造成本来制造硬质合金制成的铸模。在不能嵌入硬质合金块的大铸模的情况下，存在的问题是，重新制造铸模的频度过度上升，因而，不能减少制造铸模的成本。通过放电表面处理而形成硬涂层的常规方法受到不令人满意的小厚度的影响。因此，这些问题不能克服。

### 发明内容

本发明旨在解决常规技术所存在的上述问题，本发明的目的是获得易于作二次机械加工且硬涂层的形成速率不会减小的放电表面处理用电极、其制造方法、放电表面处理方法及其设备。

本发明的另一个目的是获得能在工件上形成可提供包括润滑性、抗高温强度和耐磨性等特殊功能的硬涂层的放电表面处理用电极、放电表面处理用电极的制造方法及放电表面处理方法。

本发明的再一个目的是获得能在工件上形成高质量的硬涂层的放电表面处理用电极、放电表面处理用电极的制造方法及放电表面处理方法。

本发明的又一个目的是获得能在工件上有效地形成硬涂层、易于形成电

极、在任意区域范围内形成膜层厚的硬涂层并适用于包括铸模、工具和机械零件等各种机械元件的放电表面处理方法及其设备。

本发明的还有一个目的是获得一种放电表面处理方法，该方法应用于被用作主要由硬质合金构成的铸模或部分由硬质合金构成的铸模的替代品的铸模，这种铸模表现出低成本、高精度和优良的耐久性，它们可在短时间内制造并可通过简单的修理操作而重复使用多次。

依据第一发明的放电表面处理用电极包括：电极材料是金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或这些粉末的混合物，其中在通过压紧而使电极材料成形后，在电极材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

依据第二发明的放电表面处理用电极包括：电极材料是金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或这些粉末的混合物，其中在把蜡加到电极材料后，通过压紧来进行成形，在不低于蜡熔化的温度也不高于蜡分解而产生烟灰(soot)的温度的温度下进行加热，从而使蜡蒸发并除去，然后在电极材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

在第一发明或第二发明中形成依据第三发明的放电表面处理用电极，其中在不低于 400℃但低于 1100℃的温度下进行焙烧。

在第一发明或第二发明中形成依据第四发明的放电表面处理用电极，其中材料粉末具有自润滑功能，在通过压紧而使电极材料成形前，把陶瓷粉末或氮化物粉末或通过混合这些粉末获得的混合物与电极材料相混合。

在第一发明或第二发明中形成依据第五发明的放电表面处理用电极，其中在真空炉等中把硬质合金颗粒在不低于出现液相的温度的温度下保持较长的时间，从而在通过压紧而使电极材料成形前使硬质合金颗粒经受主烧结(main sintering)，从而把硬质合金颗粒与电极材料相混合。

依据第六发明的放电表面处理用电极的制造方法包括以下步骤：把金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或这些粉末的混合物用作电极材料；在通过压紧而使电极材料成形后，在电极材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

依据第七发明的放电表面处理用电极的制造方法包括以下步骤：把金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或这些粉末的混合物用作电极材料；把蜡加到电极材料；通过压紧来进行成形；在不低于蜡熔化的温度也不高于蜡分解而产生烟灰的温度的温度下进行加热，从而使蜡蒸发并除去；在电极材料中用

作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧。

在第六发明或第七发明中进行依据第八发明的放电表面处理用电极的制造方法，其中在不低于 400℃但低于 1100℃的温度下进行焙烧。

在第六发明或第七发明中进行依据第九发明的放电表面处理用电极的制造方法，其中材料粉末具有自润滑功能，在通过压紧而使电极材料成形前，把陶瓷粉末或氮化物粉末或通过混合这些粉末获得的混合物与电极材料相混合。

在第六发明或第七发明中进行依据第十发明的放电表面处理用电极的制造方法，其中在真空炉等中把硬质合金颗粒在不低于出现液相的温度的温度下保持较长的时间，从而在通过压紧而使电极材料成形前使硬质合金颗粒经受主烧结(main sintering)，从而把硬质合金颗粒与电极材料相混合。

依据第十一发明的放电表面处理步骤包括以下步骤：把金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或这些粉末的混合物用作电极材料；通过压紧而使电极材料成形；在电极材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧而形成电极；使得在电极与工件之间发生电弧放电，此电弧放电是脉冲形状的电弧放电、连续电弧放电或连续电弧放电与间歇电弧放电的结合，从而利用电弧放电的能量在工件的表面上形成硬涂层。

在第十一发明中进行依据第十二发明的放电表面处理步骤，其中在不低于 400℃但低于 1100℃的温度下进行焙烧。

在第十一发明中进行依据第十三发明的放电表面处理步骤，其中把惰性气体置于电极和工件之间。

在第十一发明中进行依据第十四发明的放电表面处理步骤，其中相对于工件扫描电极，以在工件表面上形成硬涂层。

在第十一发明中进行依据第十五发明的放电表面处理步骤，其中材料粉末具有自润滑功能，在通过压紧而使电极材料成形前，把陶瓷粉末或氮化物粉末或通过混合这些粉末获得的混合物与电极材料相混合。

在第十一发明中进行依据第十六发明的放电表面处理步骤，其中在真空炉等中把硬质合金颗粒在不低于出现液相的温度的温度下保持较长的时间，从而在通过压紧而使电极材料成形前使硬质合金颗粒经受主烧结，从而把硬质合金颗粒与电极材料相混合。

在第十一发明中进行依据第十七发明的放电表面处理步骤，其中工件为铸模，在经过预先机械加工操作的铸模的基底材料的表面上形成硬涂层，然后进

行机械加工或放电来完成硬涂层。

在第十七发明中进行依据第十八发明的放电表面处理方法，其中在使用铸模时，在磨损程度(degree of abrasion)高的部分中形成厚度比磨损程度低的部分大的硬涂层。

在第十七发明中进行依据第十九发明的放电表面处理方法，其中通过利用电极进行放电表面处理来整修已发生磨损的铸模部分。

在第十九发明中进行依据第二十发明的放电表面处理方法，其中利用经过预先机械加工的铸模的基底材料来预先制造形成电极，通过利用形成电极进行放电表面处理来整修已发生磨损的铸模部分。

依据第二十一发明的放电表面处理设备包括：放电产生装置，用于在电极和工件之间产生电弧放电，此电弧放电是脉冲形状的电弧放电、连续电弧放电或连续电弧放电与间歇电弧放电的结合；电极，该电极是由于在通过压紧而使金属粉末、金属化合物粉末、陶瓷材料粉末或这些粉末的混合物成形后，在电极材料中用作粘合剂的一部分材料熔化的温度下进行焙烧而形成的。

在第二十一发明中构成的依据第二十二发明的放电表面处理设备，其中在不低于 400℃但低于 1100℃的温度下进行焙烧。

在第二十一发明中的依据第二十三发明的放电表面处理设备还包括用于把惰性气体置于电极和工件之间的惰性气体供给装置。

在第二十一发明中的依据第二十四发明的放电表面处理设备还包括用于沿 X 方向、Y 方向和 Z 方向相对移动电极和工件的 X 轴移动单元、Y 轴移动单元和 Z 轴移动单元。

由于如上所述构成本发明，所以可获得以下的效果。

依据第一发明的放电表面处理用电极获得的效果是，它可容易地通过诸如车削(turning)操作、研磨操作或打磨操作等机械除去工艺或放电工艺而形成。此外，可如此利用该电极来进行放电表面处理，从而在工件上形成的硬涂层的形成速率不减小。

依据第二发明的放电表面处理用电极获得了与第一发明可获得的类似效果，另一个效果是可明显提高压紧成形中的可成形性。

依据第三发明的放电表面处理用电极获得了与第一发明或第二发明可获得的类似效果。

依据第十发明的放电表面处理用电极获得了与第一发明或第二发明可获得

的类似效果。另一个效果是可通过利用电极的放电表面处理在工件上形成硬涂层，该硬涂层能提供包括润滑性、抗高温强度和耐磨性等特殊功能。

依据第五发明的放电表面处理用电极获得了与第一发明或第二发明可获得的类似效果，另一个效果是可通过利用电极的放电表面处理在工件上形成更致密的高质量硬涂层，该硬涂层的硬度没有不一致。

依据第六发明的放电表面处理用电极的制造方法获得的效果是，该电极可容易地通过诸如车削操作、研磨操作或打磨操作等机械除去工艺或放电工艺而形成，另一个效果是，可如此利用该电极来进行放电表面处理，从而在工件上形成的硬涂层的形成速率不减小。

依据第七发明的放电表面处理用电极的制造方法获得了与第六发明可获得的类似效果，另一个效果是可明显提高压紧成形中的可成形性。

依据第八发明的放电表面处理用电极的制造方法获得了与第六发明或第七发明可获得的类似效果。

依据第九发明的放电表面处理用电极的制造方法获得了与第六发明或第七发明可获得的类似效果。此外，可获得的另一个效果是，可通过利用电极的放电表面处理在工件上形成硬涂层，该硬涂层能提供包括润滑性、抗高温强度和耐磨性等特殊功能。

依据第十发明的放电表面处理用电极的制造方法获得了与第六发明或第七发明可获得的类似效果。此外，可获得的另一个效果是，可通过利用电极的放电表面处理在工件上形成更致密的高质量硬涂层，该硬涂层的硬度没有不一致。

依据第十一和第十二发明的放电表面处理方法获得的效果是，可容易地形成放电表面处理用电极，可在工件上有效地形成硬涂层，并可获得适用于包括铸模、工具和机械元件等各种机械零件的放电表面处理方法。可获得的另一个效果是，不需要掩模工艺，因为可在基本上与电极区域相同的工件区域中形成硬涂层。

依据第十三发明的放电表面处理方法获得了与第十一发明可获得的类似效果，另一个效果是可简化结构。

依据第十四发明的放电表面处理方法获得了与第十一发明可获得的类似效果。可获得的另一个效果是，可在扫描小尺寸电极的同时进行机械加工，可不必使用大尺寸的形状特殊的烧结电极，并可在诸如具有三维自由曲面的铸模等

工件的整个曲面上扫描小尺寸的电极，并可在工件区域上形成同一厚度的硬涂层，或者从而在必要时改变厚度。

依据第十五发明的放电表面处理方法获得了与第十一发明可获得的类似效果。可获得的另一个效果是，可通过利用电极的放电表面处理在工件上形成硬涂层，该硬涂层能提供包括润滑性、抗高温强度和耐磨性等特殊功能。

依据第十六发明的放电表面处理方法获得了与第十一发明可获得的类似效果，另一个效果是可通过利用电极的放电表面处理在工件上形成更致密的高质量硬涂层，该硬涂层的硬度没有不一致。

依据第十七发明的放电表面处理方法获得了与第十一发明可获得的类似效果，另一个效果是可获得可在短时间内制造的涂敷有硬涂层的铸模，该铸模的成本可减小并可表现出令人满意的精度。获得的另一个效果是，涂敷有硬涂层的铸模表现出优良的耐久性，如果铸模磨损，可允许通过简单的整修操作而重新使用该铸模。

依据第十八发明的放电表面处理方法获得了与第十七发明可获得的类似效果。可获得的另一个效果是，可获得表现出进一步令人满意的耐久性的涂敷有硬涂层的铸模，因为在磨损程度高的铸模部分中形成比在磨损程度低的铸模部分中形成的硬涂层厚的硬涂层。

依据第十九发明的放电表面处理方法获得了与第十七发明可获得的类似效果。可获得的另一个效果是，可获得这样一种涂敷有硬涂层的铸模，有了该铸模，不需要重新制造铸模，允许铸模半永久性使用，可相当大地节省制造铸模和维修铸模所需的成本并可节省能源和有益于环境，这是因为可相当多地减少制造铸模的材料数量。

依据第二十发明的放电表面处理方法获得了与第十九发明可获得的类似效果，另一个效果是可在相当短的时间内完成铸模的整修。

依据第二十一和第二十二发明的放电表面处理设备获得的效果是，可获得这样一种放电表面处理设备，有了该设备，可容易地形成放电表面处理用电极，可在工件上有效地形成硬涂层并可适用于包括铸模、工具和机械元件等各种机械零件。可获得的另一个效果是，不需要掩模工艺，因为可在基本上与电极区域相同的工件区域中形成硬涂层。

依据第二十三发明的放电表面处理设备获得与第二十一发明可获得的类似效果，另一个效果是可简化该设备。

依据第二十三发明的放电表面处理设备获得与第二十一发明可获得的类似效果。可获得的另一个效果是，可在扫描小尺寸电极的同时进行机械加工，可不必使用大尺寸的形状特殊的烧结电极，并可在诸如具有三维自由曲面的铸模等工件的整个曲面上扫描小尺寸的电极，并可在工件区域上形成同一厚度的硬涂层，或者在必要时改变厚度。

### 附图概述

图 1 是示出依据本发明第一实施例的放电表面处理用电极的制造方法的图；

图 2 是示出把蜡混合到电极材料中的依据本发明第一实施例的放电表面处理用电极的形成方法的图；

图 3 是示出蜡的蒸汽压曲线的曲线图；

图 4 是示出依据本发明第二实施例的放电表面处理方法及其设备的示意结构的图；

图 5 是示出依据本发明第二实施例通过把 TiC 用作电极的主要成分的单次放电而形成的硬涂层的放大照片；

图 6 是示出通过依据本发明第二实施例的连续放电而形成的硬涂层淀积状态的照片；

图 7 是示出利用依据本发明第二实施例的电极扫描方法的机械加工方法的示意图；

图 8 是示出依据本发明第二实施例的放电表面处理方法的图，通过该方法来进行空气放电；

图 9 示出一硬涂层的 X 射线衍射的结果，该硬涂层是利用依据本发明第二实施例的电极在工件上形成的，并经过如此焙烧从而实现主要由 TiC 构成的预烧结状态；

图 10 是示出依据本发明的第二实施例形成的硬涂层的维氏硬度测量结果的曲线图；

图 11 是示出依据本发明第三实施例的能提供特殊功能的硬涂层形成方法的图；

图 12 是示出这样一种情况的图，在此情况下，把依据本发明第五实施例的放电表面处理方法应用于先前锻造的铸模；

图 13 是示出制造和使用依据本发明第五实施例的铸模的工艺图；

图 14 是示出本发明的第六实施例对压制铸模的应用图；

图 15 是示出依据本发明的第七实施例，为了延长铸模的寿命，根据磨损程度改变硬涂层厚度的方法的图；

图 16 是示出常规的放电表面处理方法的结构的图；

图 17 是示出用作以精密锻造制造的常规铸模的模头的铸模的照片；

图 18 是示出用于连接杆的所述常规锻造铸模的照片；

图 19 是示出用于制造铸模的常规工艺的一个例子的图；

图 20 是示出常规的放电机械加工及利用高速切割方法来制造连接杆的铸模所需的时间的对比结果的曲线图；以及

图 21 是示出通过常规的放电表面处理形成的涂层的照片。

## 本发明的较佳实施方式

### 第一实施例

图 1 是示出依据本发明第一实施例的放电表面处理用电极的制造方法的图。在该实施例中，将描述放电表面处理用电极的这样一个制造工艺，该电极由通过混合 WC 粉末和 Co 粉末而获得的粉末制成。参考图 1，标号 11 代表压坯，12 代表 WC 粉末，13 代表 Co 粉末，13a 代表一部分已熔化的 Co 粉末，14 代表放电表面处理用电极，21 代表真空炉，22 代表高频线圈，23 代表真空气氛。

可简单地通过把 WC 粉末 12 与 Co 粉末 13 相混合并压紧成形来获得通过把 WC 粉末与 Co 粉末相混合并压紧成形而获得的压坯 11。最好，混合蜡，然后进行压紧成形，因为这样可提高压坯 11 的可成形性。然后，将参考图 2 来描述混合有蜡的成形方法。标号 15 代表置于图 2(a)所示的真空炉 21 中的压坯 11 中的蜡，诸如石蜡。在进行压紧成形前把蜡 15 与通过混合 WC 粉末 12 与 Co 粉末 13 而获得的粉末相混合时，可大大提高压坯 11 的可成形性。然而，由于蜡 15 是绝缘物质，所以在电极中留下大量的蜡增大了电极的电阻。因而，放电性能下降。因此，必须除去蜡 15。图 2(a)示出把混合了蜡的压坯形式的电极移入真空炉 21 中进行加热的情况。在真空气氛 23 中进行加热操作。或者，气氛可以是诸如氢气或氩气等气体。由置于真空炉 21 周围的高频线圈 22 对置于真空炉 21 中的压坯 11 作高频加热。如果加热温度太低，则不能除去蜡 15。如果加热温度太高，则蜡 15 将不理想地形成烟灰。结果，电极的纯度下降。因此，



该温度必须不低于蜡 15 熔化的温度，也不高于蜡 15 分解并形成烟灰的温度。作为一个例子，图 3 中示出沸点为  $250^{\circ}\text{C}$  的蜡的蒸汽压曲线。在使真空炉 21 中的气压不高于蜡 15 的蒸汽压时，蜡 15 如图 2(b) 所示蒸发并除去。结果，可获得由 WC 和 Co 制成的压坯 11。

然后，如图 1(a) 所示，以高频线圈 22 对真空炉 21 中的压坯 11 进行高频加热，向压坯 11 提供可获得的抗机械加工的耐久性的强度。为了防止过度变硬，把焙烧进行到例如粉笔的硬度(以下叫做“预烧结状态”)。在上述情况下，诸如 Co 等铁族金属的洗提开始填充碳化物颗粒中的间隙。因而，形成碳化物的固态溶解(solid solution)状态。另一方面，在碳化物相互接触的部分中，进行粘接。然而，实现主烧结的烧结温度相对低，形成弱的粘接。

在依据电极材料而变化的温度条件下进行焙烧操作来实现预烧结状态。可依据实验结果预先确定这些条件。在把 WC 粉末与 Co 粉末相互混合(重量比=8:2)继而压紧成形的示例情况下，可通过在  $600^{\circ}\text{C}$  下焙烧一小时来实现预烧结状态。在把 TiC 粉末和  $\text{TiH}_2$  粉末相互混合(重量比=9:1)继而压紧成形时，可通过在  $900^{\circ}\text{C}$  下焙烧一小时来实现预烧结状态。

如上所述，必须把进行焙烧而实现预烧结状态的温度设定在相对于硬材料(例如，WC 粉末)而被用作粘合剂的一部分软材料(例如，Co 粉末)熔化的温度。上述温度明显低于软材料的熔点。该温度依据硬材料与软材料的混合比而变化。即，如果用作粘合剂的软材料相对于硬材料的比例提高，则必须降低实现预烧结状态的焙烧温度。如果用作粘合剂的软材料的比例提高，继而降低硬材料的比例，则在工件上形成硬涂层的效率下降。因此，从实用的观点来看，用作粘合剂的软材料的比例有一极限。因此，实现预烧结状态的焙烧温度也有一个下限。即，实现预烧结状态的焙烧温度最好为  $400^{\circ}\text{C}$  或更高。

另一个重要事实在于，实现预烧结状态的焙烧温度必须低于  $1100^{\circ}\text{C}$ 。如果此温度高于上述值，则电极过度变硬。因此，接着必须进行的放电工艺所产生的问题在于，因电弧放电所产生的热冲击(heat shock)将均匀地分离电极材料，因此，通常不在极点之间的空间内提供电极材料。结果，工件上形成的涂层的质量过度下降。

可容易地通过诸如车削操作、研磨操作或打磨操作等机械除去工艺或放电工艺来形成已压紧成形然后经焙烧而进入预烧结状态的放电表面处理用电极。此外，放电表面处理用电极的一个特性是，通过利用上述电极的放电表面处理

在工件上形成硬涂层的速率不会降低。

## 第二实施例

图 4 是示出依据本发明第二实施例的放电表面处理方法及其设备的结构的示意图。参考图 4，标号 14 代表放电表面处理用电极，16 代表在工件 2 上形成的硬涂层。标号 31 代表进给电动机，32 代表进给螺杆(feeding screw)。标号 3 代表加工槽，4 代表主要由具有绝缘特性的油或水构成的加工液，5 代表切换加到放电表面处理用电极 14 及工件 2 的电压和电流的切换元件。标号 6 代表用于控制切换元件 5 的通/断的控制电路。标号 7 代表电源，8 代表电阻器。与依据第一实施例的电极类似，放电表面处理用电极 14 是已压紧成形并经焙烧而进入预烧结状态的电极。控制单元(未示出)使得进给电动机 31 以所需的控制模式(包括伺服进给和匀速进给)把放电表面处理用电极 14 进给到工件 2。

加工液 4 主要由具有绝缘特性的油或水构成。在把绝缘油用作加工液 4 时，可实现的优点是可直接应用有关放电装置广泛使用的技术，且可相对简化机械结构。在把水用作加工液时，有时在反应的同时产生氢氧化物。因此，在需要高质量的膜层时就产生了问题。在利用被广泛使用的金属丝放电装置的无电电源时，可克服上述问题。从实用的观点来看，即使在把水用作加工液的情况下，也可形成这样的硬涂层，此硬涂层的特性与在把绝缘油用作加工液的情况下可获得的硬涂层的特性相同。

现在将描述形成硬涂层 16 的方法。当放电表面处理用电极 14 与工件 2 之间的电源 7 产生间歇或连续电弧放电时，因所产生的热量而对极点之间的空间局部加热。为了简化描述，现在将描述利用脉冲形状的间歇电弧放电的工艺。在把使用最广的放电工艺用电源用作产生间歇电弧放电的装置时，可容易理解该结构。注意，必须在必要时优化波形、电流值及其它条件。在产生一次电弧放电时，热冲击能量使得与工件 2 相对的放电表面处理用电极 14 的一部分电极材料分散到极点之间的空间中，同时以幂放电。极点之间的空间立即进入热等离子体状态，其温度为几千摄氏度或更高。因而，大部分电极材料进入完全熔化状态。在已产生电弧放电的位置处与电极相对安置的工件的表面也被立即加热。因而，类似于电极材料，上述表面也进入熔化状态。在此热状态下，电极与工件的熔融材料相互混合。因而，在工件上形成电极材料与工件的基底材料之间的合金相。然后，极点之间及其周围部分所存在的加工液使得温度快速降低。在从热状态变为冷状态的过程中，铁合金的液相与碳化物的固相或在碳

化物物质的固相之间形成反应的固态溶液之间立即发生界面反应。因此，在非常短的时间内发生主烧结。继而，在工件 2 上形成硬涂层 16。当重复上述过程时，重复了所形成的硬涂层的表面与电极材料之间的熔合反应。随着时间的推移，涂层的淀积继续，从而形成厚的膜层。

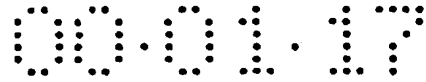
为了稳定地保持电弧放电，必须在进行实际工艺时在极点之间进行伺服。极点之间的伺服是在放电表面处理用电极与工件之间保持预定的间隙或保持极点之间的预定电压的操作，此操作是在进行本工艺时所需的。还包括在电极消耗后所需的进给控制。为了把预定间隙保持为对应于极点之间随时间的推移而变化的间隙或保持极点之间的预定电压，必须形成电极的进给。上述相继的控制操作叫做“极点之间的伺服”。

图 5 是在电极的主要成分为 TiC 的情况下通过单次放电而形成的硬涂层的放大照片。从如下所述的对 X 射线衍射的分析结果中也可得到因立即反应而形成的硬涂层。图 6 示出通过连续放电形成的硬涂层的淀积情况。可清楚地观察到这样一种情况，其中把通过单次放电而形成的每个硬涂层叠加和淀积起来。如上所述，利用压紧成形并经焙烧而进入预烧结状态的放电表面处理用电极使得连续地发生电弧放电。因而，可在工件的基底材料上形成硬涂层。

因而，可以通过单次放电而立即形成硬涂层。连续电弧放电也允许形成硬涂层。间歇放电有效地防止了工件温度的升高。另一方面，工件表面的温度相对低，使得硬涂层的形成密度不够充分。为了防止上述问题，需要产生连续电弧放电。在此情况下，电弧放电集中于一点使得在机械加工操作中产生缺陷。因此，通过把连续电弧放电与间歇电弧放电相结合，产生了稳定的电弧放电，同时保持了高的温度及在极点之间进行伺服。把设定为以几微秒的间隔进行的电弧放电与进行几秒钟的连续电弧放电相结合。在依据硬涂层的形成条件来优化上述结合时，可快速而可靠地淀积更致密的涂层。

依据本发明的方法可把硬涂层淀积在基本上与电极区域相同的工件区域中。其它方法不能得到此优点，它是本发明的一个优良特性。常规的物理蒸发和化学蒸发需要诸如镀敷等掩模工艺来进行局部处理。依据本发明的方法不需要掩模工艺，即，只需要预先形成具有所需截面积的电极并进行机械加工。在必须对大面积机械加工的情况下，可利用小尺寸的电极，从而在机械加工的同时类似于打磨工艺对电极进行扫描。因此，不需要大尺寸的特殊形状的电极。

图 7 中示出利用电极扫描方法的机械加工方法的概念。操作 X 轴移动单元、Y



轴移动单元和 Z 轴移动单元(未示出)使放电表面处理用电极 14 和工件 2 沿 X、Y 和 Z 方向相对移动。因而,在工件 2 的表面上形成硬涂层 16。在工件 2 为铸模的情况下,铸模的表面不是平面,即,该表面是三维形状的复杂自由曲面。X 轴移动单元、Y 轴移动单元和 Z 轴移动单元使得可扫描小尺寸的电极,从而保持离铸模的自由曲面的间隙或保持预定伺服电压。在此情况下,相对快地消耗了电极。因此,必须进行对应于电极的消耗作修正的进给。因而,必须准确而快速地控制支持电极的主轴沿 Z 方向的移动。重复上述操作,从而沿构成铸模的整个曲面来扫描电极。因而,可把硬涂层在铸模的表面上淀积到预定厚度或满足需要的各种厚度。

现在将描述加工液的作用。参考图 4,把加工液 4 加到放电表面处理用电极 14 和工件 2 之间。把加工液 4 加在中间的原因是,必须使放电稳定来保持机械加工操作,必须除去放电所产生的热量,以及必须从极点之间的空间中除去不能用来在工件上形成硬涂层且已被除去的一部分电极材料。因此,上述加工液有重要的作用。注意,加工液 4 不同于常规技术的加工液,因为它没有提供原材料来产生反应产品的功能。因此,加工液 4 不是基本要素。

由于如上所述加工液不是基本要素,所以使得可进行空气放电。现在将描述利用空气放电的放电表面处理方法。参考图 8,标号 17 代表通过管道连接到放电表面处理用电极 14 中所形成的通道 18 的气源。在从电源 7 供给电能期间,从气源 17 提供了所需数量的气体或惰性气体,诸如氮气。供给管道 19 是在电极中不能形成通道的情况下用来从电极的外部供应气体的一个例子。继而,向极点之间的空间喷射出气体。以与上述加工液相同的目的提供气体。如果不进行气体供给,则不能稳定地在工件上形成硬涂层。从有益于环境的观点来看,气体最好是空气或氮气。

现在将利用所获得的实验数据来描述所形成的硬涂层的代表特性。图 9 示出在利用压紧成形(TiC 为主要成分)并经焙烧而进入预烧结状态的电极在 WC 制成的工件上形成硬涂层的情况下,硬涂层的 X 射线衍射结果。在工件表面上,淀积有作为电极的主要成分的 TiC、作为工件材料的 WC 以及反应产品  $\text{Co}_3\text{W}_9\text{C}_4$ 。图 10 示出所形成的硬涂层的维氏硬度的测量结果。工件(基底材料)的硬度是  $\text{HV} \approx 1300$ ,而通过放电表面处理所形成的硬涂层的硬度是  $\text{HV} \approx 2800$ 。因而,硬度增加了。因此,可确认硬涂层的主要成分为 TiC 这一事实。为了参考,图 10 中也示出了 TiC 的硬度。

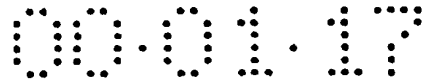
### 第三实施例

现在将描述依据第三实施例的硬涂层形成方法，该方法能提供包括润滑性、抗高温强度及耐磨性等特殊功能。

现在将描述混合具有自润滑功能的材料。通常，Mo、BN 和 Cr 都具有自润滑功能。当以预定比例把上述粉末材料混合入电极材料中，接着进行压紧成形并通过把电极焙烧到预烧结状态而进行放电工艺时，具有自润滑功能的材料且该材料被混入并限制在工件上所形成的硬涂层中。当对上述硬涂层的表面进行研磨时，可给被研磨的表面提供润滑性而无需任何润滑装置或提供极少量的油，这归因于材料具有自润滑功能这一特性。如上所述，在相互关系中实现了理想的互补状态，从而由硬涂层的材料构成该表面且可在硬涂层内部混合具有自润滑功能的材料。结果，可实现表现出令人满意的耐久性和低摩擦系数的滑动部分。

参考图 11，标号 20 代表粒状混合物质，其颗粒尺寸为电极材料的主要成分的平均颗粒尺寸的例如两倍或多倍且小于极点之间的距离。即使在高温下也不会发生粒状混合物质 20 的热分解，必须使存在的粒状混合物质限制在硬涂层内，同时保持原来的形状。必须把粒状混合物质 20 的颗粒尺寸增大到防止与其它碳化物形成固态溶液。不能形成固态溶液的尺寸必须是主要成分的平均颗粒尺寸的至少两倍。在颗粒尺寸增大时，发生与电极的分离，因此沿朝向工件的方向塞满极点之间的空间。在上述情况下，发生短路。因此，混合物质 20 的颗粒尺寸必须小于极点之间的间隙。

然后，现在将描述陶瓷混合物。氧化铝( $Al_2O_3$ )在高温下具有优良的特性。因此，在以预定比例混合氧化铝时，可明显提高抗高温强度和耐磨性。由于单态下的氧化铝没有导电性，所以不能通过放电表面处理把它淀积在工件上。在用通过把氧化铝混合入电极材料(该电极材料以预定比例的导电硬质合金制成并在压紧成形后经焙烧而进入预烧结状态的同时保持导电性)而得到的电极产生放电时，可在工件上形成硬涂层。同时，氧化铝混入了硬涂层。为了获得氧化铝的特性，必须防止氧化物因电弧放电而分解并把氧化铝限制在硬涂层中。因此，氧化铝最好形成块状，每块氧化铝都具有一定的尺寸(见图 11)并被混合入放电表面处理用电极 14。在该尺寸为大约几微米到几十微米时，氧化铝能承受时间非常短的高温，继而快速冷却。因此，把块状的氧化铝限制在工件上的硬涂层中。如此形成的涂层具有两相结构，该结构具有通过冷却液相而形



成的硬涂层及不形成其所在的固态溶液的氧化铝块。因此，可获得两相特性。

然后，现在将描述诸如 TiN 等氮化物的混合。在硬涂层中混合诸如 TiN 等氮化物的主要目的是提高韧性和耐热性。由于上述氮化物没有导电性，所以仅由氮化物不能通过电弧放电形成硬涂层。如果利用通过这样一种工艺获得的电极，这种工艺具有以可在电极材料中保持导电性的混合比混合氮化物；进行压紧成形；以及进行焙烧来实现预烧结状态的步骤，则允许进行放电机械加工。类似于氧化铝的混合，可以理解在高温下发生分解。必须利用这样一种电极来防止热分解，这种电极是通过把具有尺寸比较大(如图 11 所示的几十微米)的颗粒限制在电极中；进行压紧成形；以及进行焙烧来实现预烧结状态而形成的。在利用上述电极而发生电弧放电时，氮化物块被限制在工件上所形成的硬涂层中。因此，形成硬涂层的相与块状氧化物的固相共存的硬涂层。上述涂层既具有硬涂层的特性，也具有氮化物的特性，即优良的韧性及令人满意的抗高温强度。因此，在把上述涂层加到切割工具或铸模时可表现出优良的性能。

#### 第四实施例

现在将描述依据本发明第四实施例的放电表面处理方法，该方法能在工件上形成质量优良且硬度没有不一致的更致密的硬涂层。

通过在真空炉或类似装置中使必须被烧结的压坯在不低于液相出现较长时间的温度的温度下进行烧结来形成硬质合金制成的常规硬涂层。所构成的利用依据本发明的电弧放电而形成硬涂层的方法只进行非常短的反应周期，且在不低于真空炉中的烧结保持温度的非常高的温度下形成硬涂层(主烧结)。因此，可以理解，所形成的硬涂层的特性不完善。

现在将描述克服上述问题的方法。最初，以预定的数量把通过原始烧结获得的硬质合金颗粒(尺寸为几十微米的块)与电极材料相混合。然后，进行压紧成形，然后进行焙烧来实现预烧结状态从而来制造电极。利用如此制造的电极来进行放电机械加工。粉末电极成分和固态电极成分同时向极点之间的空间放电。粉末电极成分因高温而形成液相，然后被冷却而形成硬涂层。由于固态电极成分的温度未充分升高，所以保持了固态特性。因此，可形成包含固态成分的硬涂层。如此形成的硬涂层具有更致密的构造，其硬度没有不一致，且具有可与通过仅由粉末制成的电极而形成的硬涂层相比拟的优良特性。

#### 第五实施例

图 12 是这样一种情况的图，其中把依据本发明的放电表面处理方法应用



于如图 17 所示构成并以上述精密锻造形成的铸模。参考图 12，标号 16 代表在铸模的基底材料 100 的表面上形成的硬涂层。最初，通过机械加工操作预先加工铸模的基底材料 100。在图 12 所示的情况下，通过机械加工形成六边形的孔。通常，铸模的基底材料 100 不经热处理。虽然有时也进行最低程度的热处理，但这样使硬涂层的硬度比较低，例如罗氏硬度(标度 C)HRC=约 30。其原因在于，必须保持进行机械加工工艺所需的机械加工性。如果硬度高于上述值，则使得工具过度磨损，从而引起铸模的制造成本增加。然后，在利用已由焙烧到进入预烧结状态的依据第一到第四实施例的电极预先进行机械加工的铸模的基底材料的表面上形成厚的硬涂层。该方法与如图 7 所示依据第二实施例的方法相同，从而在工件上形成硬涂层。从实用的观点来看，硬涂层的厚度为大约 0.5 毫米到大约 1.0 毫米。然后，利用铜电极或石墨电极进行放电机机械加工或金属丝放电机机械加工来实现所需的尺寸，从而制造铸模。

如图 12 所示的铸模具有与图 17 所示铸模基本上相同的质量，且可实现长的寿命。

上述放电表面处理方法的一个优点在于，可允许把该方法应用于铸模而不管铸模的尺寸和形状。

图 13 示出制造如图 12 所示构成的铸模并利用该铸模的工艺。第一步是如此进行的，从而预先对铸模的基底材料进行机械加工并进行形成电极的操作。然后，如此进行第二步，从而通过如第一到第四实施例中所示焙烧到进入预烧结状态的电极来进行放电表面处理。继而，进行在已经过预先机械加工的铸模表面上淀积硬涂层的操作。在上述情况下，可把硬涂层淀积到几毫米的厚度以备二次机械加工操作。然后，如此进行第三步，从而进行放电机机械加工来进行二次机械加工操作而实现所需的铸模尺寸。然后，实际使用所制造的铸模。具有厚的硬涂层的上述铸模表现出明显的耐久性。在该铸模使用多次后，偶尔发生铸模的磨损或局部断裂。厚的硬涂层实现了优良的耐久性。因此，利用焙烧到进入预烧结状态的电极来进行第四步中的放电表面处理使得只要整修断裂部分。继而，上述铸模可再次使用。因而，不需要重新制造该铸模。在重复第四步时，可半永久性地使用该铸模。在制造成本非常大的大尺寸铸模的情况下，可明显节约制造成本和维修成本。由于可明显减少制造铸模的材料数量，所以从节约能源和有益于环境的观点可获得最佳的方法。

## 第六实施例

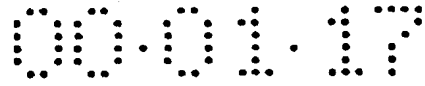


图 14 示出本发明的第六实施例，其中把本发明应用于压模。如图 14(a)和 (b)所示，利用如第一到第四实施例中所示被烧结到进入预烧结状态的放电表面处理用电极 14，使模子(die)的切割刀片 140 的内部经受放电表面处理。如图 14(c)所示，形成硬涂层 16。还在如图 14(d)所示冲头 136 的外表面和冲头的切割刀片 138 的边缘上形成硬涂层。然后，如图 14(e)所示，利用金属丝电极 150 对切割刀片 139 进行放电机械加工，从而实现预定的尺寸精度。图 14(d)示出利用磨石 151 机械打磨操作来抛光切割刀片 138 的外表面的一个例子。如上所述，利用被焙烧到进入预烧结状态的电极来进行放电表面处理。继而，可容易地在短时间内在铸模表面上形成厚的硬涂层。接着进行二次机械加工工艺来实现铸模的规定尺寸。结果，可制造高质量的铸模。

### 第七实施例

现在描述应用于本发明第七实施例的铸模的设计。在实际情况下，磨损的部分限于局部。因此，局部磨损确定了铸模的寿命。在此情况下，利用如图 15 所示的方法来提高寿命。即，如图 15(a)所示，给明显磨损的上表面(虚线)105 和靠近铸模进口的部分涂敷厚的涂层。作为能实现此结构的一个方法，可利用如图 7 所示使用简单电极的扫描方法或如图 15(b)所示使用形成电极 112 的方法。在施加加压负载时，可在许多情况下防止铸模下表面附近的部分的明显磨损。因此，可利用相对薄的涂层，或有时可省略该涂层。

现在将描述如图 15(b)所示的侧面电极的制造方法。最初，利用铸模通过压紧成形来制造压坯形式的电极。然后，进行焙烧来实现预烧结状态，从而制造如图 15(b)所示的侧面电极。因此，可明显地缩短制造电极所需的时间。为了实现上述效果，必须以这样的方式来进行预先的机械加工操作，即考虑相应于将在下一放电表面处理工艺中形成的涂层的厚度的厚度对铸模进行抛光。即使利用所使用的铸模来制造侧面电极，也可保持在进行了预先的机械加工操作后进行的放电表面处理所需的间隙。在侧面电极已预先制成时，如果铸模磨损，可容易地通过进行放电表面处理在局部淀积硬涂层。因此，可在非常短的时间内完成铸模的整修。此外，不需要为制造侧面电极而制造另一个铸模。

### 工业应用性

如上所述，依据本发明的放电表面处理用电极、其制造方法、放电表面处理方法及其设备适用于有关在工件表面上形成硬涂层的结构的行业领域。



说明书附图

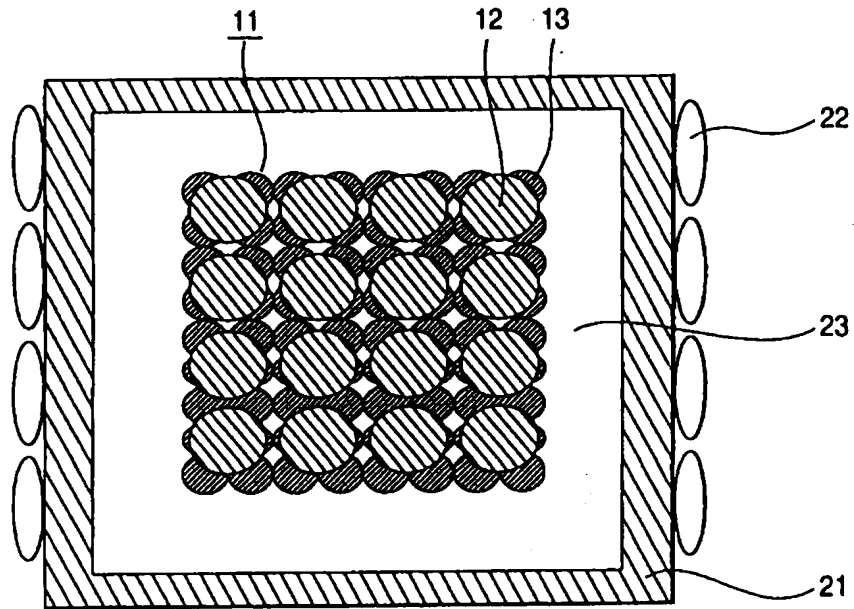


图 1(a)

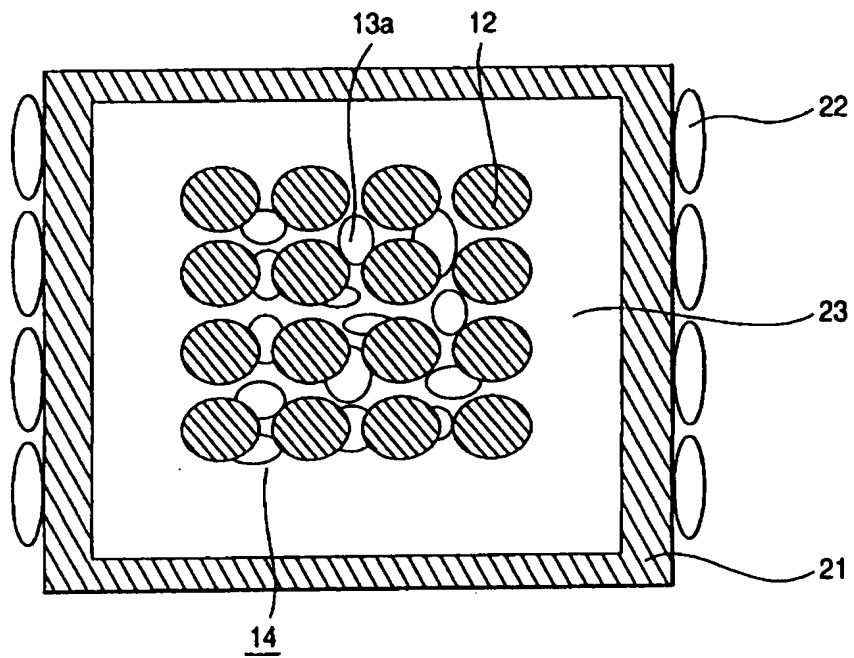


图 1(b)

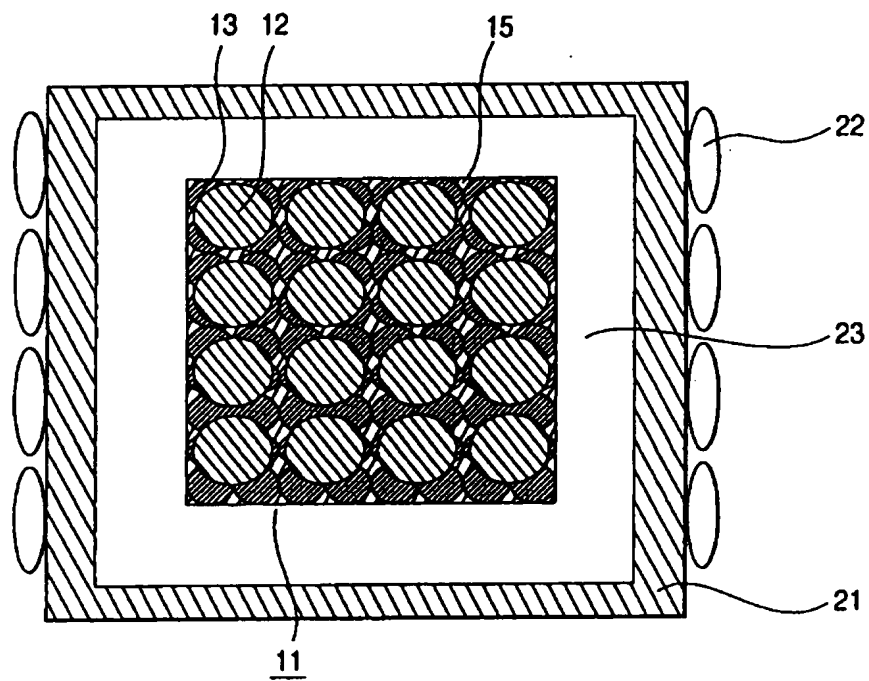


图 2(a)

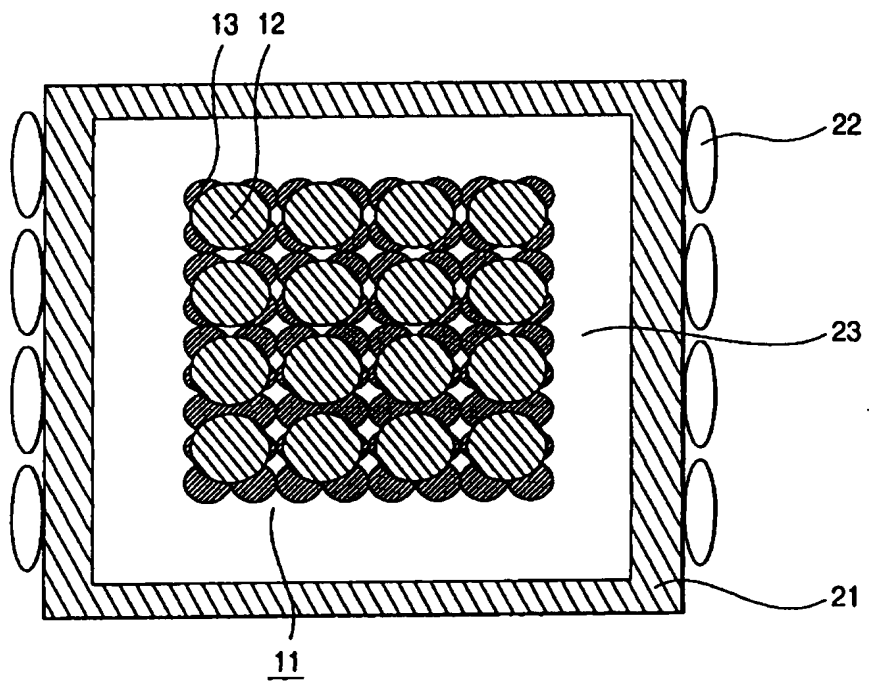


图 2(b)

00:01:17

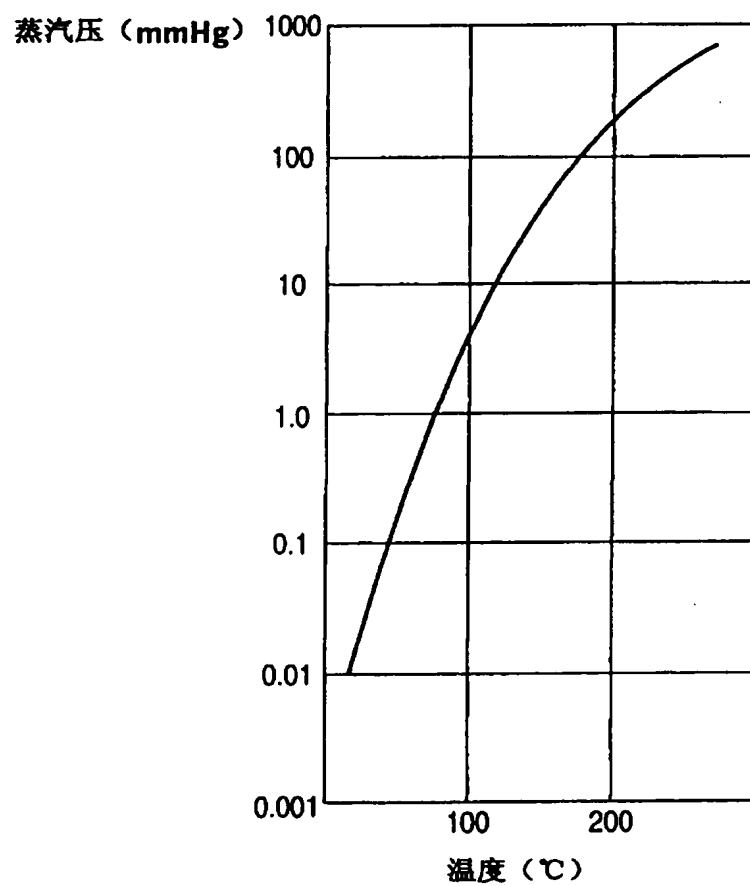


图 3

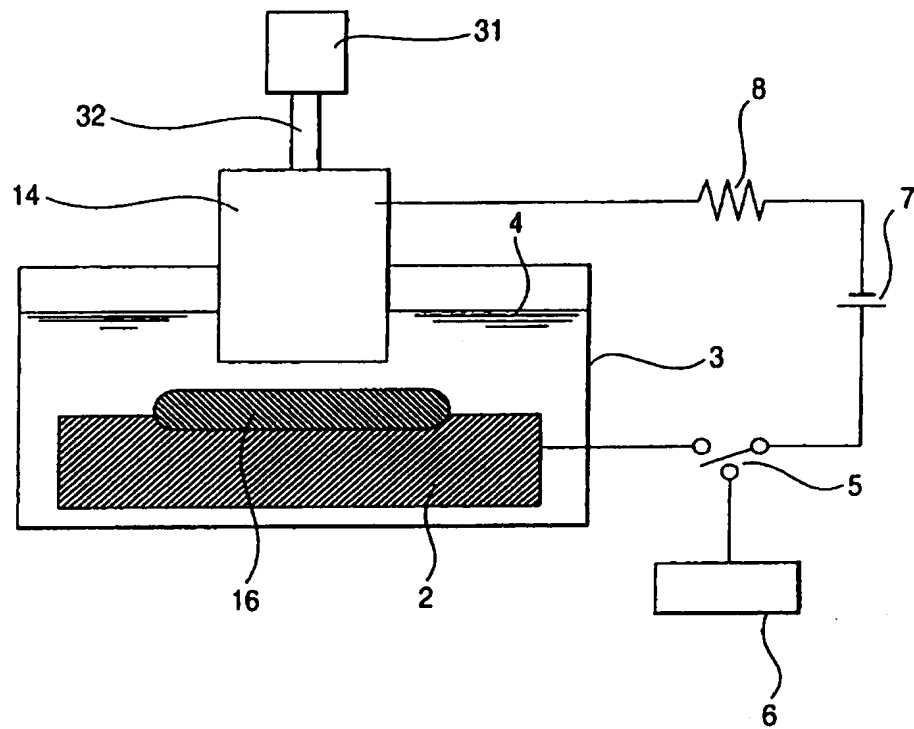
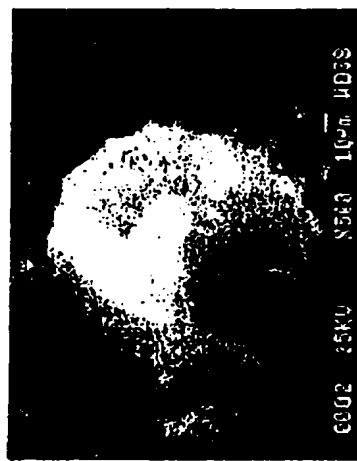


图 4



SEI的图象



Ti-K $\alpha$  的图象

图 5

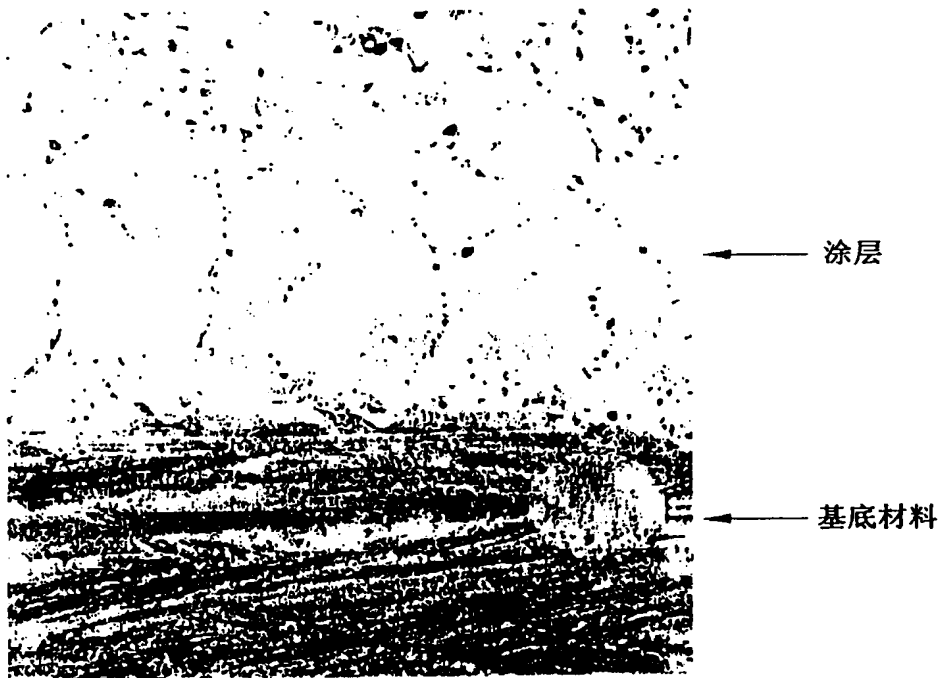


图 6

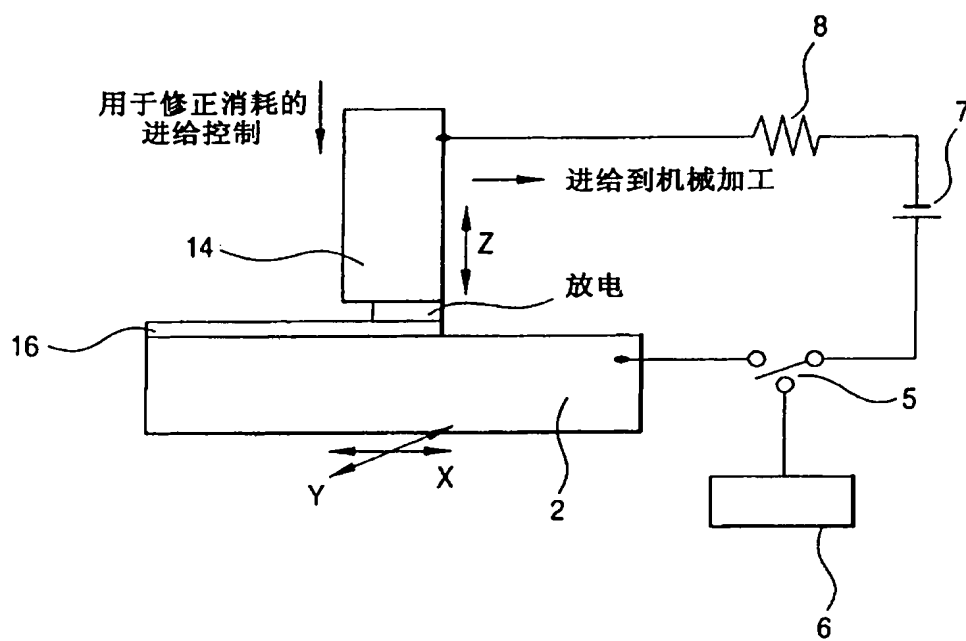


图 7

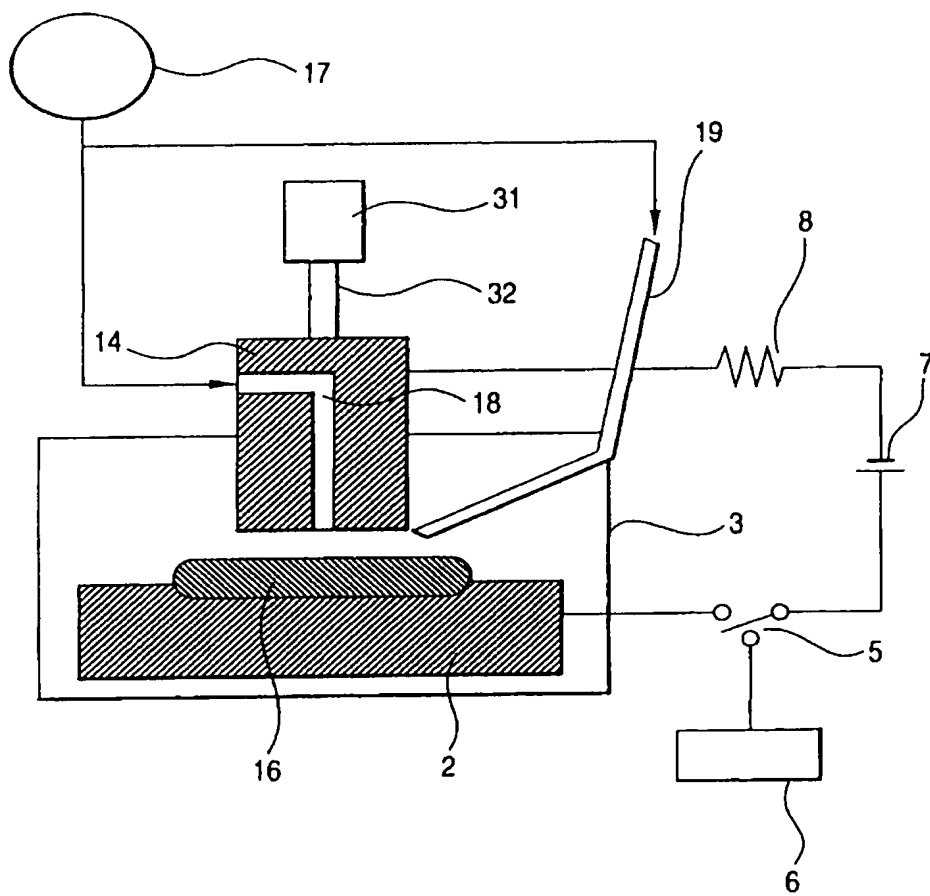
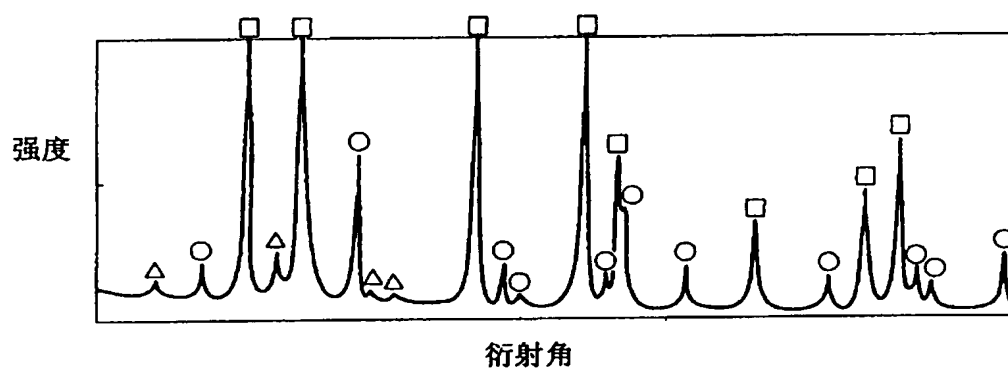


图 8





- TiC
- WC
- △  $\text{Co}_3\text{W}_9\text{C}_4$

图 9

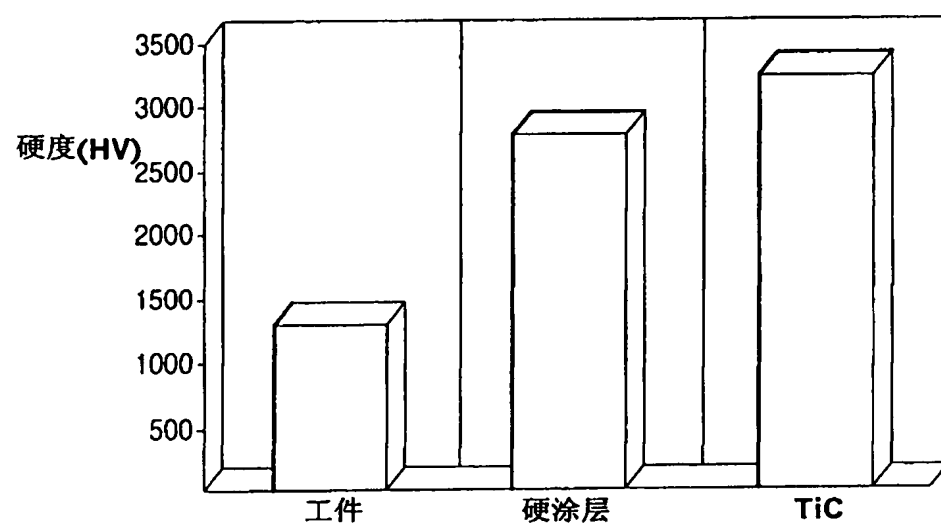


图 10

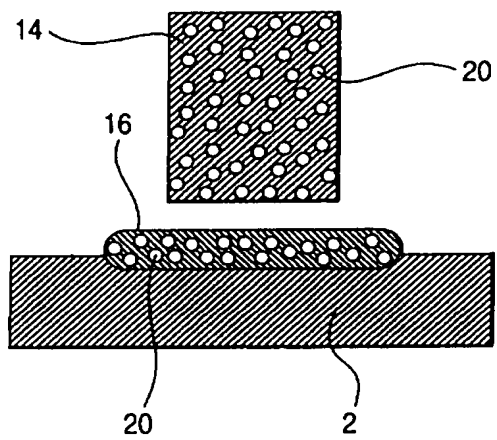


图 11

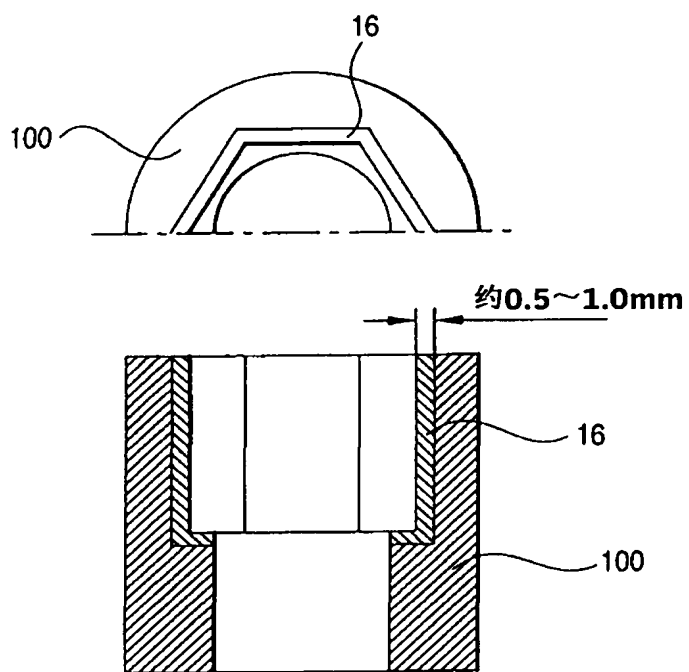
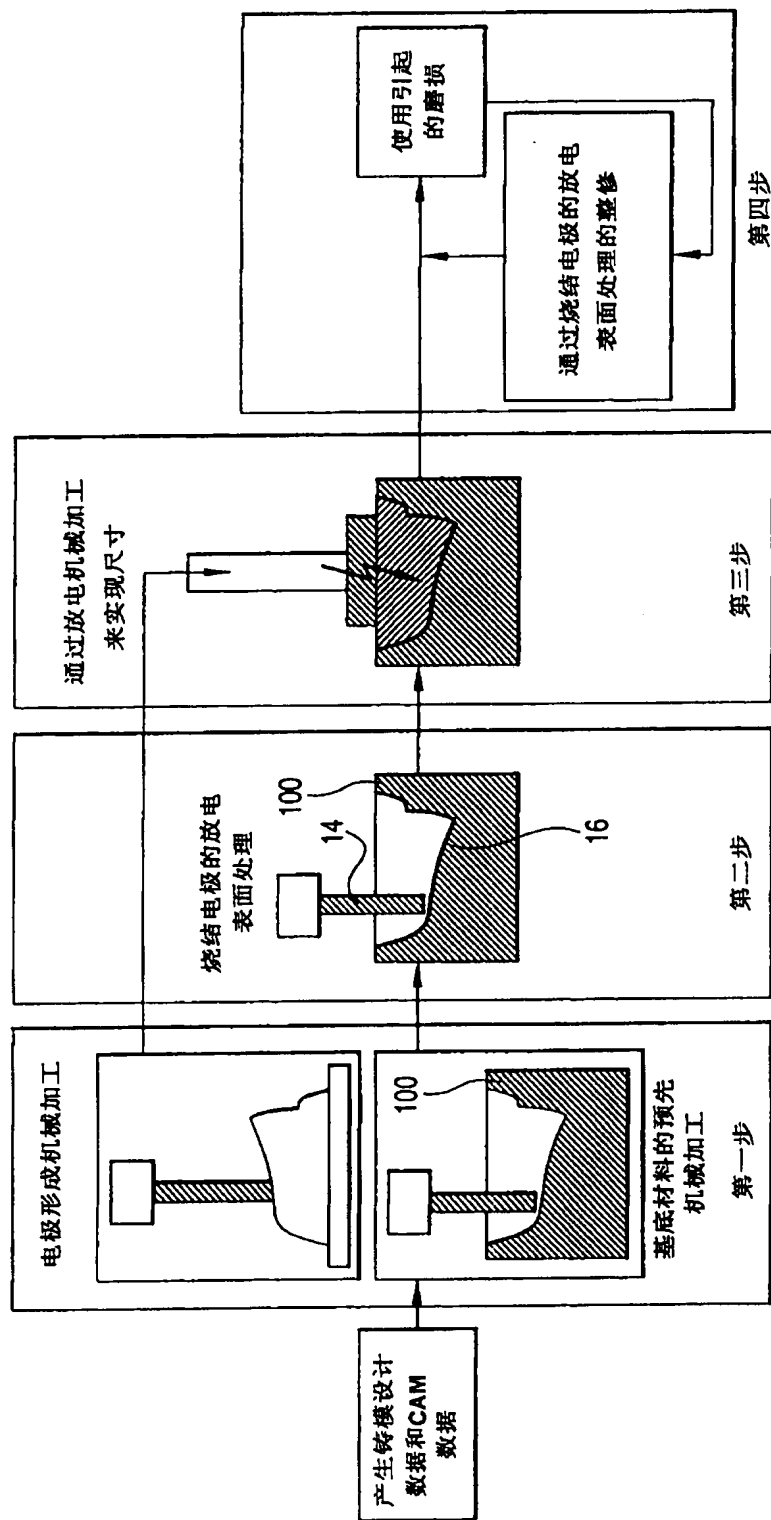


图 12



13

图

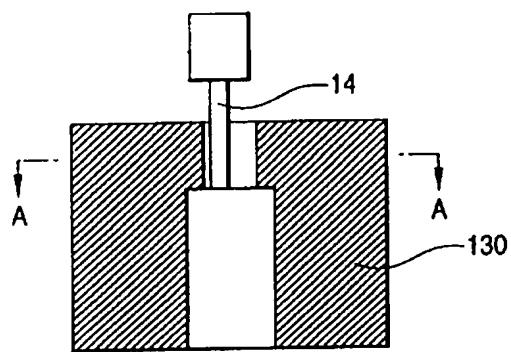
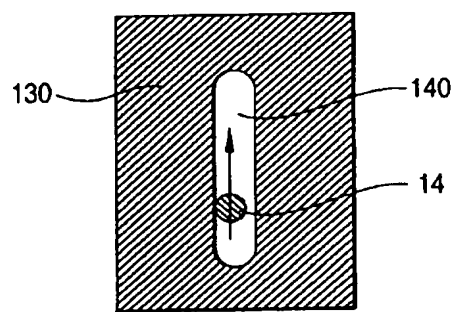


图 14(a)



剖面A-A  
图 14(b)

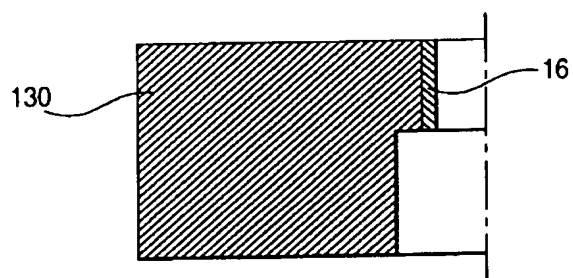


图 14(c)

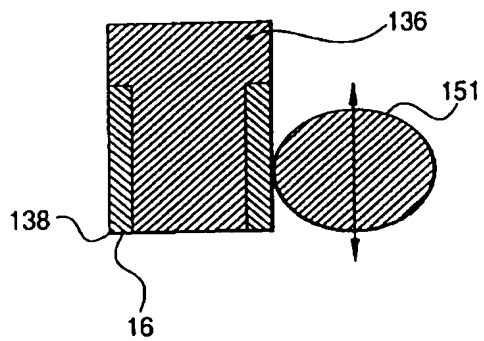


图 14(d)

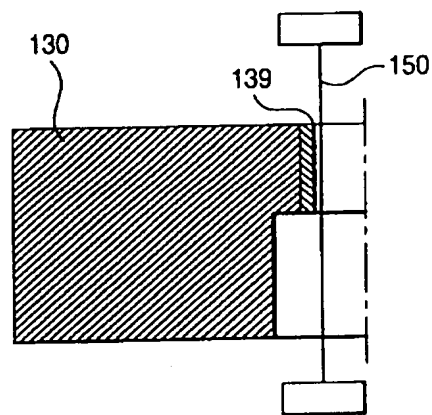


图 14(e)

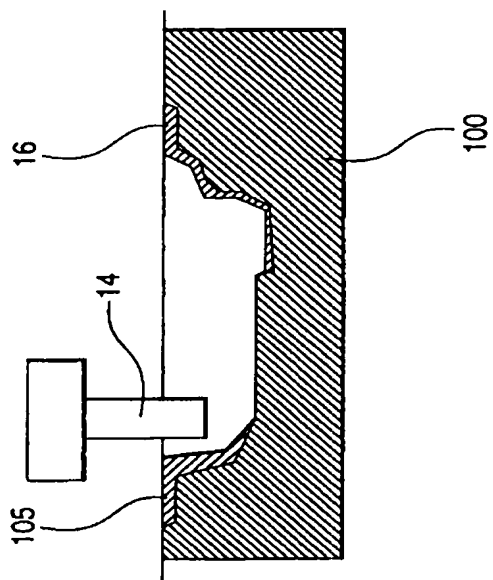


图 15(a)

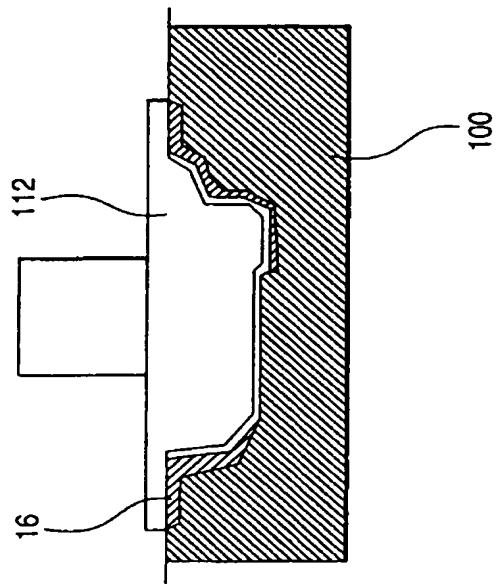


图 15(b)

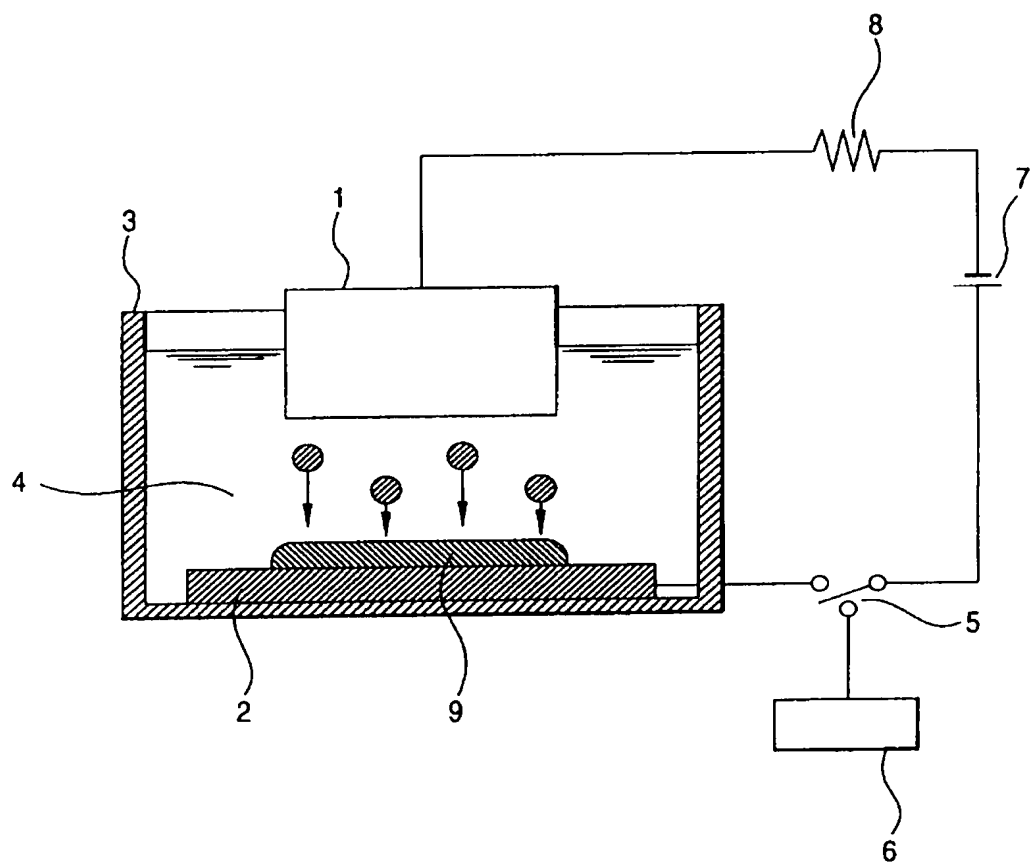


图 16



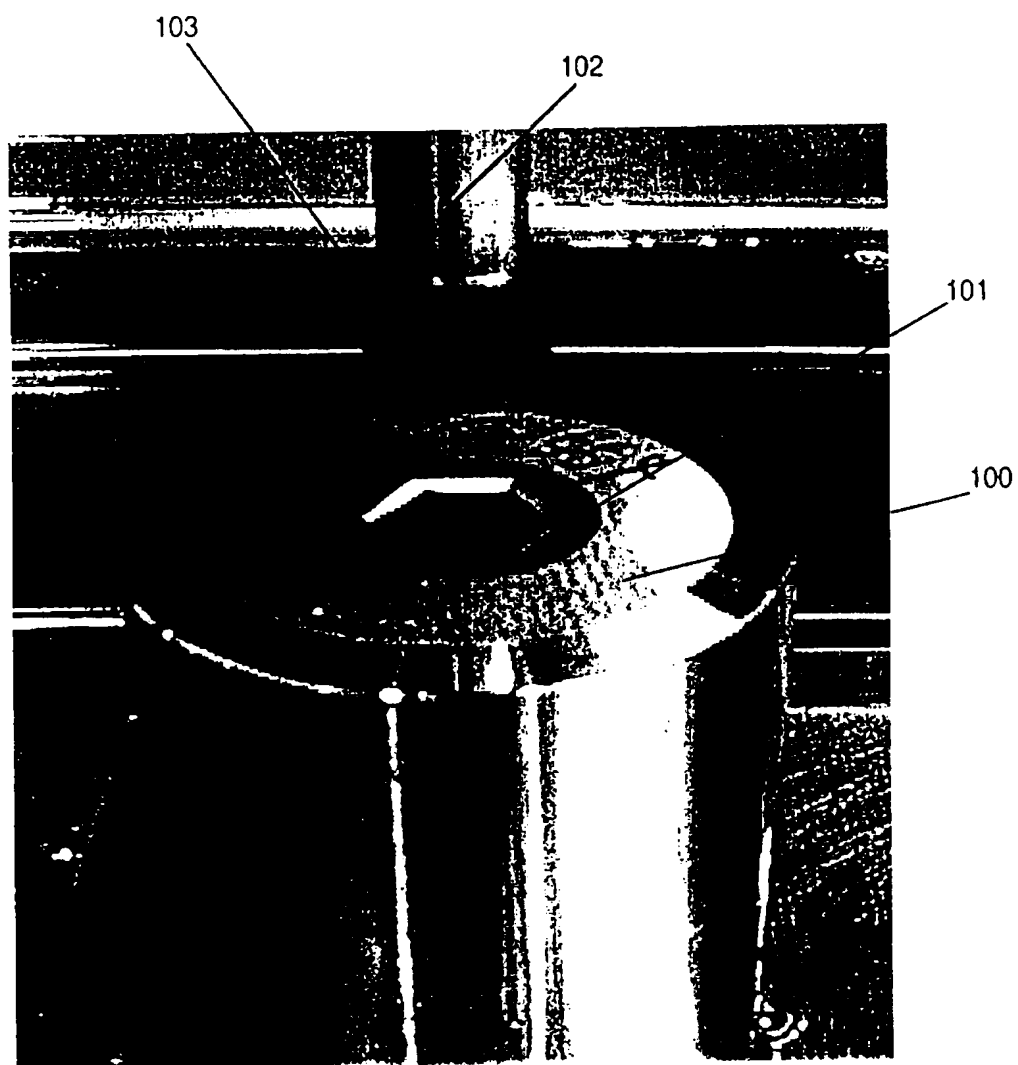


图 17

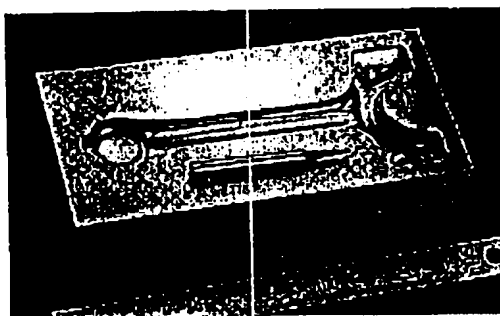


图 18

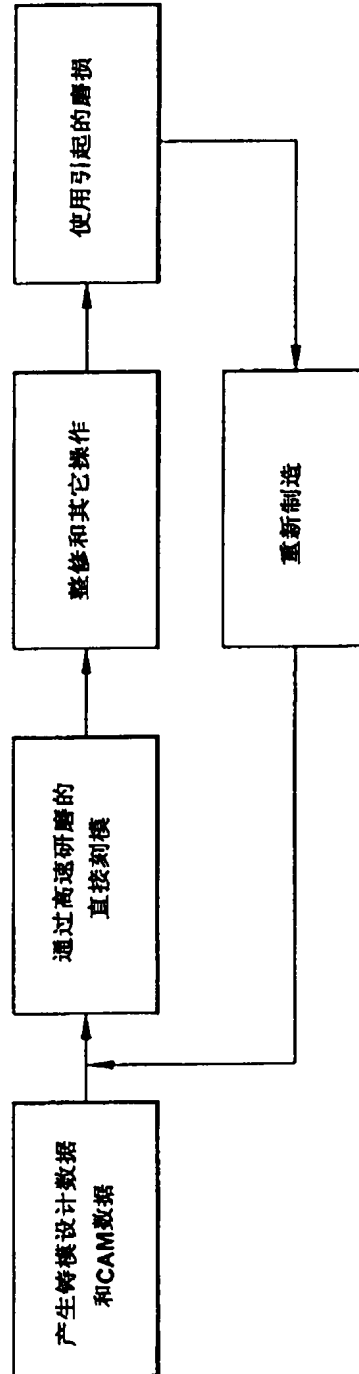


图 19

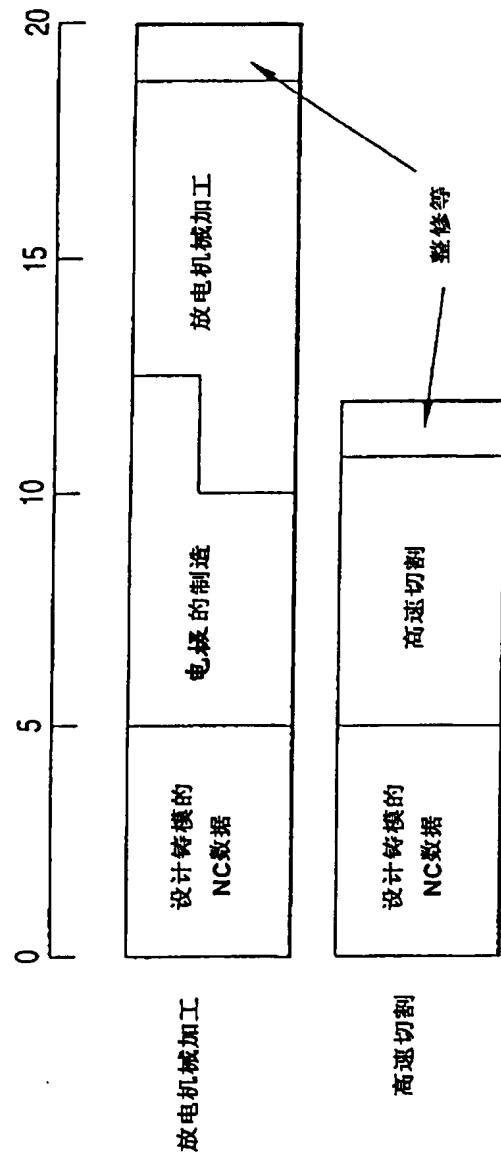


图 20

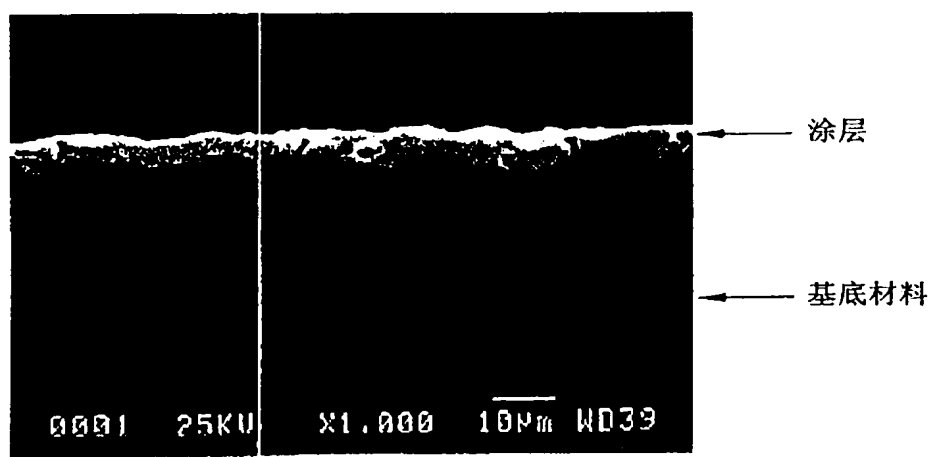


图 21